

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
1. November 2001 (01.11.2001)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 01/82384 A1

(51) Internationale Patentklassifikation⁷: **H01L 33/00**,
27/15

CO. OHG [DE/DE]; Wernerwerkstrasse 2, 93049 Regens-
burg (DE).

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/DE01/01002

(72) Erfinder; und

(22) Internationales Anmeldedatum:
16. März 2001 (16.03.2001)

(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): **BADER, Stefan**
[DE/DE]; Deutschherrnweg 2, 93053 Regensburg (DE).
HAHN, Berthold [DE/DE]; Am Pfannenstiel 2, 93155
Hemau (DE). **HÄRLE, Volker** [DE/DE]; Eichenstrasse
35, 93164 Laaber (DE). **LUGAUER, Hans-Jürgen**
[DE/DE]; Tannenweg 14, 93173 Wenzelnbach (DE).
MUNDBROD-VANGEROW, Manfred [DE/DE];
Josef-Haas-Strasse 1, 89312 Günzburg (DE). **EISERT,**
Dominik [DE/DE]; Agricolaweg 11, 93049 Regensburg
(DE).

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
100 20 464.3 26. April 2000 (26.04.2000) DE
100 26 255.4 26. Mai 2000 (26.05.2000) DE
100 51 465.0 17. Oktober 2000 (17.10.2000) DE

(74) Anwalt: **EPPING HERMANN & FISCHER**; Postfach
12 10 26, 80034 München (DE).

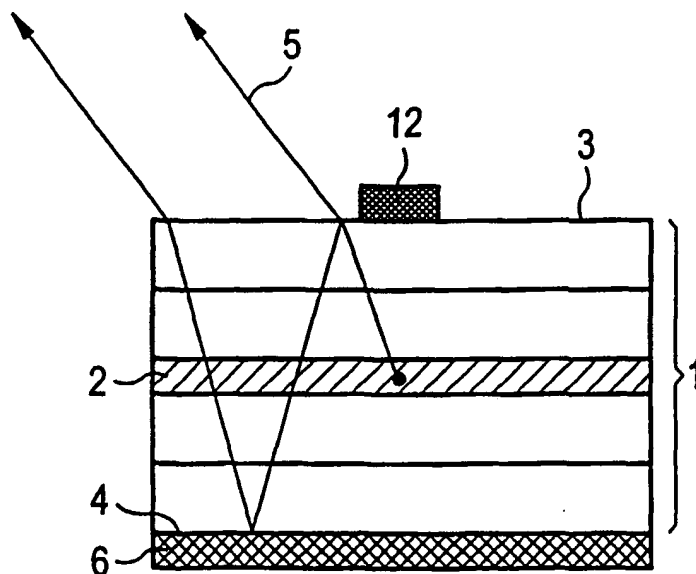
(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von
US): **OSRAM OPTO SEMICONDUCTORS GMBH &**

(81) Bestimmungsstaaten (national): CA, CN, JP, KR, US.

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: RADIATION-EMITTING SEMICONDUCTOR ELEMENT AND METHOD FOR PRODUCING THE SAME

(54) Bezeichnung: STRAHLUNGSMITTERENDES HALBLEITERBAUELEMENT UND HERSTELLUNGSVERFAHREN



(57) Abstract: The invention relates to a radiation-emitting GaN-based semiconductor element whose semiconductor body is formed by a stack of different GaN semiconductor layers (1). Said semiconductor body has a first main surface (3) and a second main surface (4). The radiation that is produced is coupled out through the first main surface (3) while a reflector (6) is configured on the second main surface (4). The invention also relates to a method for producing an inventive semiconductor element. According to this method, an intermediate layer (9) is first applied to a substrate (8) and a plurality of GaN layers (1) which form the semiconductor body of the component are then applied to said intermediate layer. The substrate (8) and the intermediate layer (9) are then removed and a reflector (6) is formed on a main surface of the semiconductor body.

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung beschreibt ein strahlungsemitterendes Halbleiterbauelement auf GaN-Basis, dessen Halbleiterkörper durch einen Stapel unterschiedlicher GaN-Halbleiterschichten (1) gebildet ist. Der Halbleiterkörper weist eine erste Hauptfläche (3) und eine zweite Hauptfläche (4) auf, wobei die erzeugte Strahlung durch die erste Hauptfläche (3) ausgekoppelt wird und auf der zweiten Hauptfläche (4) ein Reflektor (6) ausgebildet ist. Weiterhin beschreibt die Erfindung ein Herstellungsverfahren für ein erfindungsgemäßes Halbleiterbauelement. Dabei wird zunächst auf ein Substrat (8) eine Zwischenschicht (9) aufgebracht und auf diese eine Mehrzahl von GaN-Schichten (1), die den Halbleiterkörper des Bauelements bilden. Anschließend wird das Substrat (8) und die Zwischenschicht (9) abgelöst und auf einer Hauptfläche des Halbleiterkörpers ein Reflektor (6) ausgebildet.

WO 01/82384 A1



(84) Bestimmungsstaaten (regional): europäisches Patent (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE, TR).

Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes, und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.

Veröffentlicht:

— mit internationalem Recherchenbericht

STRAHLUNGSMITTIERENDES HALBLEITERBAUELEMENT UND HERSTELLUNGSVERFAHREN

Beschreibung

Strahlungsemittierendes Halbleiterbauelement

- 5 Die Erfindung bezieht sich auf ein strahlungsemittierendes Halbleiterbauelement nach dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1 sowie ein Herstellungsverfahren hierfür nach dem Oberbegriff des Patentanspruchs 8 oder 18.
- 10 Strahlungsemittierende Halbleiterbauelemente auf GaN-Basis sind beispielsweise bekannt aus US 5 210 051. Solche Halbleiterbauelemente enthalten einen Halbleiterkörper mit einer aktiven GaN-Schicht, die auf ein SiC-Substrat aufgebracht ist. Kontaktiert ist der Halbleiterkörper
- 15 vorderseitig an der lichtauskoppelnden GaN-Schicht und rückseitig an dem SiC-Substrat.

- Weiterhin ist beispielsweise aus US 5 874 747 bekannt, statt GaN verwandte Nitride sowie darauf basierende ternäre oder
- 20 quaternäre Mischkristalle zu verwenden. Insbesondere fallen hierunter die Verbindungen AlN, InN, AlGa_xIn_{1-x}N, InGa_xAl_{1-x}N und AlInGa_xN.

- Im folgenden bezieht sich die Bezeichnung "III-V-Nitrid-Halbleiter" auf diese ternären und quaternären Mischkristalle
- 25 sowie Galliumnitrid selbst.

- Ferner ist bekannt, GaN-Halbleiterkristalle epitaktisch herzustellen. Als Substrat wird üblicherweise ein Saphirkristall oder SiC verwendet. Gemäß US 5 928 421 ist
- 30 hinsichtlich der Vermeidung von Gitterfehlern ein SiC-Substrat vorzuziehen, da aufgrund der vergleichsweise großen Gitterfehlanpassung zwischen Saphir und GaN die auf Saphir aufgewachsenen GaN-Schichten eine hohe Anzahl von Gitterfehlern aufweisen.

- 35 Ein Nachteil von strahlungsemittierenden GaN-Halbleiterbauelementen besteht darin, daß an der Oberfläche,

an der die im Halbleiterkörper erzeugte Strahlung
ausgekoppelt wird, ein

großer Brechungsindexsprung beim Übergang vom
Halbleiterkörper zur Umgebung auftritt. Ein großer

5 Brechungsindexsprung führt dazu, daß ein erheblicher Teil der
Strahlung wieder in den Halbleiterkörper zurückreflektiert
wird und dadurch die Strahlungsausbeute des Bauelements
gemindert wird.

Eine Ursache hierfür liegt in der Totalreflexion der
10 erzeugten Strahlung an der Auskoppelfläche. Lichtstrahlen
werden vollständig in den Halbleiterkörper zurückreflektiert,
falls der Einfallswinkel der Lichtstrahlen auf die
Auskoppelfläche größer ist als der Totalreflexionswinkel,
bezogen jeweils auf die Oberflächennormale. Mit steigendem
15 Unterschied zwischen dem Brechungsindex des Halbleiterkörpers
und der Umgebung sinkt der Totalreflexionswinkel und der
Anteil der totalreflektierten Strahlung steigt.

Außerdem werden auch Lichtstrahlen, deren Einfallswinkel
kleiner ist als der Totalreflexionswinkel, teilweise in den
20 Halbleiterkörper zurückreflektiert, wobei der
zurückreflektierte Anteil um so größer ist, je größer der
Brechungsindexunterschied zwischen Halbleiterkörper und
Umgebung ist. Ein großer Brechungsindexsprung, wie er bei
GaN-Bauelementen auftritt, führt daher zu großen
25 Reflexionsverlusten an der Auskoppelfläche. Die
zurückreflektierte Strahlung wird teilweise im
Halbleiterkörper absorbiert oder tritt an einer anderen
Fläche als der Auskoppelfläche aus, so daß insgesamt die
Strahlungsausbeute reduziert wird.

30

Ein Mittel, die Strahlungsausbeute zu erhöhen, besteht darin,
auf das Substrat des Halbleiterkörpers einen Reflektor
aufzubringen. Dies ist beispielsweise in DE 43 05 296
gezeigt. Dadurch wird die in den Halbleiterkörper

35 zurückreflektierte Strahlung wiederum in Richtung der
Auskoppelfläche gerichtet, so daß der zurückreflektierte Teil
der Strahlung nicht verlorenggeht, sondern zumindest teilweise

nach einer oder mehreren internen Reflexionen ebenfalls ausgekoppelt wird.

Bei strahlungsemittierenden GaN-Bauelementen nach dem Stand
5 der Technik ist es in dieser Hinsicht von Nachteil, ein
absorbierendes Substrat wie beispielsweise SiC zu verwenden.
Die in den Halbleiterkörper zurückreflektierte Strahlung wird
vom Substrat großteils absorbiert, so daß eine Erhöhung der
Strahlungsausbeute mittels eines Reflektors nicht möglich
10 ist.

Aus der Patentschrift US 5,786,606 ist ein
Herstellungsverfahren für strahlungsemittierende
Halbleiterbauelemente auf GaN-Basis bekannt, bei dem auf
15 einem SIMOX-Substrat (Separation by IMplantation of OXYgen)
oder einem SOI-Substrat (Silicon On Isolator) zunächst eine
SiC-Schicht epitaktisch aufgewachsen wird. Auf dieser SiC-
Schicht wird danach eine Mehrzahl von GaN-basierenden
Schichten abgeschieden.

20 Durch die SiC-Schicht wird jedoch die Strahlungsausbeute des
Bauelements reduziert, da in der SiC-Schicht ein Teil der
erzeugten Strahlung absorbiert wird. Weiterhin erfordert auch
die epitaktische Ausbildung einer SiC-Schicht mit
25 ausreichender Kristallqualität einen hohen
Herstellungsaufwand.

Der vorliegenden Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein
III-V-Nitrid-Halbleiterbauelement mit erhöhter Lichtausbeute
30 zu schaffen. Weiterhin ist es Aufgabe der vorliegenden
Erfindung, ein Verfahren zur Herstellung solcher
Halbleiterbauelemente zu entwickeln.

Diese Aufgabe wird durch ein Halbleiterbauelement nach
35 Anspruch 1 beziehungsweise ein Herstellungsverfahren nach
Anspruch 8 oder 18 gelöst.

Vorteilhafte Weiterbildungen der Erfindung sind Gegenstand der Unteransprüche 2 bis 7. Die Unteransprüche 9 bis 17 und 19 bis 31 geben vorteilhafte Ausführungsformen des Herstellungsverfahrens nach Anspruch 8 beziehungsweise 18 an.

5

Erfindungsgemäß ist vorgesehen, das strahlungsemittierende Halbleiterbauelement als Dünnschichtbauelement auszubilden, das insbesondere kein strahlungsabsorbierendes Substrat aufweist. Der Halbleiterkörper des Bauelements ist von einer

10

stapelförmig angeordneten Mehrzahl unterschiedlicher III-V-Nitridhalbleiterschichten gebildet. Im Betrieb erzeugt eine aktive Halbleiterschicht auf GaN-Basis oder eines verwandten Nitrids elektromagnetische Strahlung, die durch eine erste Hauptfläche des Stapels ausgekoppelt wird. Auf eine zweite

15

Hauptfläche des Stapels ist ein Reflektor aufgebracht, so daß der Teil der Strahlung, der bei der Auskopplung zunächst in den Halbleiterkörper zurückreflektiert wird, mittels dieses Reflektors wieder in Richtung der Auskopplungsfläche gerichtet wird.

20

Damit wird neben dem primär ausgekoppelten Anteil der erzeugten Strahlung ein weiterer Teil nach einer oder mehreren internen Reflexionen an dem Reflektor ausgekoppelt. Insgesamt wird so der Auskopplungsgrad gegenüber einem GaN-Halbleiterbauelement nach dem Stand der Technik erhöht.

25

In einer bevorzugten Ausführungsform bestehen die GaN-basierenden Halbleiterschichten aus GaN, AlN, InN, AlGaIn, InGaIn, InAlN oder AlInGaIn. Durch Verwendung dieser Materialien kann die Zentralwellenlänge der erzeugten Strahlung in einem

30

weiten Bereich des sichtbaren Spektralbereichs bis in den ultravioletten Spektralbereichs eingestellt werden. Mit der vorliegenden Erfindung können so mit besonderem Vorteil blaue und grüne Leuchtdioden, UV-Leuchtdioden sowie entsprechende Laserdioden realisiert werden.

35

In einer besonders bevorzugten Ausführungsform kann der Reflektor durch eine metallische Kontaktfläche ausgebildet

sein. Diese dient sowohl als Reflektor als auch zur elektrischen Kontaktierung des Halbleiterkörpers.

Vorteilhafterweise sind bei dieser Ausführungsform reflektorseitig keine weiteren Vorrichtungen zur

- 5 Kontaktierung des Halbleiterkörpers nötig. Als Material für die Kontaktflächen eignen sich besonders Al und Ag sowie Al- und Ag-Legierungen.

- Bei einer weiteren vorteilhaften Ausführungsform ist der
10 Reflektor durch eine dielektrische Verspiegelung ausgebildet. Eine solche Verspiegelung kann durch Aufbringung einer Schichtenfolge aus SiO_2 bzw. TiO_2 auf den Halbleiterkörper hergestellt sein. Mit dielektrische Verspiegelungen kann vorteilhafterweise eine verlustfreie Reflexion in einem
15 breiten Wellenlängenbereich erzielt werden.

- Bei einer bevorzugten Weiterbildung weist der Reflektor eine auf die zweite Hauptfläche aufgebrachte transparente erste Schicht und eine auf diese aufgebrachte spiegelnde zweite
20 Schicht auf. Dadurch kann die Kontaktschicht auf einfache Weise sowohl hinsichtlich ihrer elektrischen Eigenschaften als auch ihrer Reflexionseigenschaften optimiert werden.

- In einer weiteren bevorzugten Ausführungsform ist die gesamte
25 freie Oberfläche des Halbleiterkörpers oder ein Teilbereich davon aufgeraut. Durch diese Aufrauung wird die Totalreflektion an der Auskoppelfläche gestört und dadurch mit Vorteil der optische Auskopplungsgrad weiter erhöht.

- Bei dem erfindungsgemäßen Herstellungsverfahren wird zunächst auf ein Substrat eine Zwischenschicht aufgebracht. Auf dieser Zwischenschicht wird eine Mehrzahl unterschiedlicher III-V-Nitrid-Halbleiterschichten abgeschieden. Diese Schichten bilden den Halbleiterkörper des Bauelements. Im nächsten
30 Schritt wird von dem so gebildeten Stapel von III-V-Nitrid-Schichten das Substrat einschließlich der Zwischenschicht
35

abgelöst. In einem weiteren Schritt wird auf eine der beiden Hauptflächen des Halbleiterkörpers ein Reflektor aufgebracht.

Bei einer weiteren Ausführungsform wird ein Si-Substrat
5 verwendet, auf das eine SiC-Zwischenschicht aufgebracht ist. SiC eignet sich besonders für die Herstellung von GaN-basierten-Bauelementen, da es eine ähnliche Gitterkonstante wie GaN besitzt, so daß auf SiC abgeschiedene Schichten auf GaN-Basis eine geringe Zahl von Gitterfehlern aufweisen.

10 In einer weiteren besonders bevorzugten Ausführungsform wird die Zwischenschicht mittels eines Waferbonding-Verfahrens aufgebracht und danach abgedünnt. Bei der Verwendung eines Si-Substrats und einer SiC-Zwischenschicht kann
15 vorteilhafterweise der Si-Wafer mit dem SiC-Wafer durch Ausbildung einer SiO₂-Schicht verbunden werden. Alternativ kann die Zwischenschicht epitaktisch aufgewachsen werden, wodurch besonders homogene Zwischenschichten herstellbar sind.

20 Bei einer weiteren bevorzugten Ausführungsform wird der Reflektor durch Aufbringung eines spiegelnden Metallkontakts auf den GaN-Halbleiterkörper ausgebildet. Als Materialien für den Metallkontakt eignen sich aufgrund ihrer Reflektivität
25 sowie ihrer Bond-Eigenschaften besonders Ag und Al sowie Ag- und Al-Legierungen.

Eine weiteren Ausführungsform des Herstellungsverfahrens besteht darin, den Reflektor als dielektrischen Spiegel in
30 Form einer Mehrzahl von dielektrischen Schichten auszubilden, woraus sich die oben beschriebenen Vorteile eines dielektrischen Reflektors ergeben.

In einer besonders bevorzugten Weiterbildung der Erfindung
35 wird das Herstellungsverfahren fortgeführt durch eine Aufrauung des Halbleiterkörpers, wobei die gesamte freie Oberfläche des Halbleiterkörpers oder Teilbereiche hiervon

aufgerauht werden. Eine bezüglich der Erhöhung der Lichtausbeute besonders effektiver Aufrauung wird durch Anätzen des Halbleiterkörpers oder mittels eines Sandstrahlverfahrens hergestellt.

5

Bei einer weiteren besonders bevorzugten Ausführungsform wird vor dem Abscheiden der III-V-Nitrid-Schichten auf der Zwischenschicht eine Maskenschicht aufgebracht. Diese Maskenschicht strukturiert die Schichten und teilt

10

insbesondere die III-V-Nitrid-Schichten in mehrere, nicht zusammenhängende Bereiche. Dies verhindert mit großem Vorteil Reißbildung und Ablösung der Zwischenschicht vom Substrat.

Vorteilhafterweise wird - insbesondere bei Verwendung von SiC als Zwischenschichtmaterial - als Maske eine Oxidmaske

15

ausgebildet.

Bei einem weiteren erfindungsgemäßen Herstellungsverfahren wird eine Mehrzahl von III-V-Nitrid-Schichten epitaktisch auf ein Verbundsubstrat aufgebracht, das einen Substratkörper und eine Zwischenschicht aufweist, wobei der thermische

20

Ausdehnungskoeffizient des Substratkörpers ähnlich oder größer ist als der thermische Ausdehnungskoeffizient der III-V-Nitrid-Schichten. Unter einem Verbundsubstrat ist hierbei ein Substrat zu verstehen, das mindestens zwei Bereiche, den

25

Substratkörper und die Zwischenschicht, enthält und als solches das Ausgangssubstrat für das Epitaxieverfahren darstellt. Insbesondere ist die Zwischenschicht nicht epitaktisch auf den Substratkörper aufgebracht, sondern vorzugsweise durch ein Waferbonding-Verfahren.

30

Bei einem solchen Verbundsubstrat sind die thermischen Eigenschaften vor allem durch den Substratkörper bestimmt, während davon weitgehend unabhängig die Epitaxieoberfläche und insbesondere deren Gitterkonstante durch die

35

Zwischenschicht festgelegt ist. Somit kann mit Vorteil die Zwischenschicht optimal an die Gitterkonstante der aufzubringenden Schichten angepaßt werden. Zugleich wird

durch die Verwendung eines Substratkörpers mit einem ausreichend hohen thermischen Ausdehnungskoeffizienten verhindert, daß nach der Aufbringung der GaN-basierenden Schichten diese in der Abkühlphase zugverspannt werden und
5 sich dadurch Risse in den Schichten bilden. Vorzugsweise wird daher die Zwischenschicht so dünn ausgebildet, daß der thermische Ausdehnungskoeffizient des gesamten Verbundsubstrats im wesentlichen dem Ausdehnungskoeffizienten des Substratkörpers entspricht. Typischerweise ist dabei der
10 Substratkörper mindestens zwanzigmal dicker als die Zwischenschicht.

Bei einer vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung enthält der Substratkörper SiC, vorzugsweise polykristallin (Poly-
15 SiC), Saphir, GaN oder AlN. Der thermische Ausdehnungskoeffizient von SiC ist ähnlich dem Ausdehnungskoeffizienten von GaN-basierenden Materialien, die übrigen genannten Materialien weisen einen größeren thermischen Ausdehnungskoeffizienten als GaN-basierende
20 Materialien auf. Damit wird mit Vorteil eine Rissbildung bei der Abkühlung der epitaktisch aufgetragenen Schichten vermieden.

Bei einer bevorzugten Ausgestaltung der Erfindung enthält die
25 Zwischenschicht SiC, Silizium, Saphir, MgO, GaN oder AlGaN. Diese Materialien eignen sich insbesondere zur Ausbildung einer im wesentlichen monokristallinen Oberfläche mit einer an GaN angepaßten Gitterkonstante. Bevorzugt wird als Epitaxieoberfläche eine Si(111)-Oberfläche oder eine
30 monokristalline SiC-Oberfläche verwendet, auf der die GaN-basierenden Schichten aufgewachsen werden.

Bei einer vorteilhaften Weiterbildung der Erfindung werden die GaN-basierenden Schichten auf einem Verbundsubstrat
35 abgeschieden, bei dem die Zwischenschicht durch ein Waferbonding-Verfahren auf den Substratkörper aufgebracht ist. Vorzugsweise wird zwischen Substratkörper und

Zwischenschicht eine Haftschrift, beispielsweise aus Siliziumoxid, ausgebildet.

Mit Waferbonding-Verfahren kann mit Vorteil eine Vielzahl von
5 Materialsystemen kombiniert werden, ohne durch Materialunverträglichkeiten, wie sie beispielsweise beim epitaktischen Aufbringen einer Zwischenschicht auf einen Substratkörper auftreten, limitiert zu sein.

10 Um eine ausreichend dünne Zwischenschicht zu erhalten, kann dabei auch zunächst eine dickere Zwischenschicht auf den Substratkörper aufgebondet werden, die dann, beispielsweise durch Schleifen oder Spalten, auf die erforderliche Dicke abgedünnt wird.

15 Bei einer vorteilhaften Weiterbildung der Erfindung wird vor der Abscheidung der III-V-Nitrid-Schichten auf dem Verbundsubstrat eine Maskenschicht ausgebildet, so daß nur auf den von der Maske unbedeckten Bereichen der
20 Epitaxieoberfläche die III-V-Nitrid-Schichten aufwachsen. Dadurch werden mit Vorteil diese Schichten in der Schichtebene unterbrochen und so ein zusätzlicher Schutz gegen Zugverspannung und die damit einhergehende Rissbildung erreicht.

25 Eine weiter bevorzugte Ausgestaltung der Erfindung besteht darin, die III-V-Nitrid-Schichten nach der Abscheidung auf dem Verbundsubstrat in einzelne Halbleiterschichtstapel zu strukturieren. Danach wird auf die III-V-Nitrid-
30 Halbleiterschichtstapel ein Träger aufgebracht und das Verbundsubstrat abgelöst. Das Verbundsubstrat kann so zumindest zu Teilen wiederverwendet werden. Dies stellt einen besonderen Vorteil bei SiC-Substratkörpern dar, deren Herstellung mit sehr hohen Kosten verbunden ist. Weiterhin
35 wird auf diese Art und Weise ein Dünnschichtbauelement hergestellt. Unter einem Dünnschichtbauelement ist dabei ein Bauelement zu verstehen, das kein Epitaxiesubstrat enthält.

Im Falle von strahlungsemittierenden Halbleiterbauelementen wird so eine Erhöhung der Strahlungsausbeute erzielt, da eine Absorption der erzeugten Strahlung im Epitaxiesubstrat, wie
5 sie insbesondere bei SiC-Substraten auftritt, vermieden wird.

Das eben beschriebene sogenannte Umbonden der Halbleiterschichtstapel von dem Verbundsubstrat auf einen Träger kann bei der Erfindung auch in zwei Schritten
10 erfolgen, wobei die GaN-basierenden Halbleiterschichtstapel zunächst auf einen Zwischenträger und dann auf den eigentlichen Träger gebondet werden, so daß abschließend der eigentliche Träger an die Stelle des Verbundsubstrats tritt. Mit Vorteil weisen so hergestellte Halbleiterschichtstapel
15 eine entsprechende Schichtenfolge wie GaN-basierendes Halbleiterkörper mit Epitaxiesubstrat nach dem Stand der Technik auf, so daß für beide Schichtstapel dieselben nachfolgenden Verarbeitungsschritte wie beispielsweise Vereinzeln, Kontaktieren und Einbau in ein Gehäuse
20 herangezogen werden können.

Bei dem Herstellungsverfahren wird auf dem Halbleiterschichtstapel zur Steigerung der Strahlungsausbeute eine Reflektorschicht ausgebildet. Die Strahlungsausbeute bei
25 GaN-basierenden Halbleiterbauelementen wird aufgrund des hohen Brechungsindex von GaN-basierenden Materialien zum Großteil durch Reflexion an den Grenzflächen des Halbleiterkörpers begrenzt. Bei strahlungsemittierenden Halbleiterkörpern ohne absorbierendem Substrat können mit
30 Vorteil durch eine Reflektorschicht die an der Auskoppelfläche reflektierten Strahlungsanteile wiederum auf die Auskoppelfläche zurückgerichtet werden. Damit wird die Strahlungsausbeute weiter erhöht.

35 Vorzugsweise wird die Reflektorschicht als Metallschicht, die beispielsweise Aluminium, Silber oder eine entsprechende Aluminium- oder Silberlegierung enthält, ausgebildet.

Mit Vorteil kann eine solche Metallschicht zugleich als Kontaktfläche verwendet werden. Alternativ kann die Reflektorschicht auch durch eine dielektrische Verspiegelung in Form einer Mehrzahl von dielektrischen Schichten ausgebildet werden.

Bei einer vorteilhaften Weiterbildung der Erfindung wird zumindest eine Teil der Oberfläche des Halbleiterschichtstapels aufgerauht. Dadurch wird eine Totalreflexion an der Oberfläche gestört und so eine Erhöhung der Strahlungsausbeute erzielt. Vorzugsweise erfolgt die Aufrauung durch Ätzen oder ein Sandstrahlverfahren.

Weitere Merkmale, Vorteile und Zweckmäßigkeiten ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung von vier Ausführungsbeispielen in Verbindung mit den Figuren 1 bis 7. Es zeigen:

Figur 1 eine schematische Schnittansicht eines ersten Ausführungsbeispiels eines erfindungsgemäßen Halbleiterbauelements,

Figur 2 eine schematische Schnittansicht eines zweiten Ausführungsbeispiels eines erfindungsgemäßen Halbleiterbauelements,

Figur 3 eine schematische Darstellung eines ersten Ausführungsbeispiels eines erfindungsgemäßen Herstellungsverfahrens und

Figur 4 eine schematische Darstellung eines zweiten Ausführungsbeispiels eines erfindungsgemäßen Herstellungsverfahrens.

Figur 5 eine schematische Schnittdarstellung eines weiteren Ausführungsbeispiels eines erfindungsgemäßen Herstellungsverfahrens,

5 Figur 6 eine schematische Schnittdarstellung eines weiteren Ausführungsbeispiels eines erfindungsgemäßen Herstellungsverfahrens und

10 Figur 7 eine schematische Schnittdarstellung eines weiteren Ausführungsbeispiels eines erfindungsgemäßen Herstellungsverfahrens.

Das in Figur 1 dargestellte strahlungsemittierende Halbleiterbauelement weist eine Mehrzahl von stapelförmig
15 angeordneten, unterschiedlichen Halbleiterschichten 1 auf, die aus GaN oder einer darauf basierenden ternären oder quaternären Verbindung bestehen. Im Betrieb bildet sich innerhalb dieser Schichten eine aktive Zone 2 aus, in der die Strahlung 5 generiert wird.

20

Der Schichtstapel wird von einer ersten Hauptfläche 3 und einer zweiten Hauptfläche 4 begrenzt. Im wesentlichen wird die erzeugte Strahlung 5 durch die erste Hauptfläche 3 in die angrenzende Umgebung ausgekoppelt.

25 Auf der zweiten Hauptfläche 4 ist ein Reflektor 6 aufgebracht, gebildet von einer direkt auf den Halbleiterkörper aufgedampften Ag-Schicht. Kontaktiert wird der Halbleiterkörper auf der Auskopplungsseite über die Kontaktfläche 12 sowie reflektorseitig über die Ag-
30 Reflektorschicht. Die reflektorseitige Kontaktierung kann beispielsweise dadurch erfolgen, daß der Halbleiterkörper reflektorseitig auf einen Metallkörper aufgesetzt ist, der sowohl als Träger wie auch der Stromzuführung dient.

35 Der Reflektor 6 bewirkt, daß ein Teil der Strahlung 5, die bei der Auskopplung an der ersten Hauptfläche 3 in den Halbleiterkörper zurückreflektiert wird, wiederum in Richtung

der ersten Hauptfläche 3 reflektiert wird, so daß insgesamt die durch die erste Hauptfläche 3 ausgekoppelte Strahlungsmenge erhöht wird. Diese Erhöhung wird dadurch ermöglicht, daß das Bauelement als Dünnschichtbauelement ohne
5 Strahlungsabsorbierendes Substrat ausgeführt ist und der Reflektor 6 direkt auf dem GaN-Halbleiterkörper aufgebracht ist.

Das in Figur 2 dargestellte Ausführungsbeispiel eines
10 erfindungsgemäßen Halbleiterbauelement unterscheidet sich von dem in Figur 1 gezeigten Bauelement darin, daß die Oberfläche des Halbleiterkörpers eine Aufrauung 7 aufweist. Diese Aufrauung 7 bewirkt eine Streuung der Strahlung 5 an der ersten Hauptfläche 3, so daß die Totalreflexion an der ersten
15 Hauptfläche 3 gestört wird. Weitergehend verhindert diese Streuung, daß die erzeugte Strahlung durch fortlaufende, gleichartige Reflexionen zwischen den beiden Hauptflächen 3 und 4 bzw. dem Reflektor 6 nach Art eines Lichtleiters geführt wird, ohne den Halbleiterkörper zu verlassen. Somit
20 wird durch die Aufrauung 7 die Lichtausbeute weiter erhöht.

In Figur 3 ist ein erste Ausführungsbeispiel eines erfindungsgemäßen Herstellungsverfahrens gezeigt. Den Ausgangspunkt stellt ein Si-Substrat 8 dar, Fig. 3a. Auf
25 dieses Si-Substrat wird in einem ersten Schritt eine SiC-Zwischenschicht 9 mittels eines Waferbonding-Verfahrens aufgebracht, wobei zwischen den beiden Substraten eine SiO₂-Schicht 10 ausgebildet wird, Fig. 3b. Im nächsten Schritt wird das SiC-Substrat 9 bis auf wenige Mikrometer abgedünnt,
30 Fig. 3c. Auf dem abgedünnten SiC-Substrat 9 wird epitaktisch mittels eines MOCVD-Verfahrens eine Mehrzahl unterschiedlicher GaN-Halbleiterschichten 1 abgeschieden, die den Halbleiterkörper des erfindungsgemäßen Bauelements bilden, Fig. 3d. Nach der Herstellung des GaN-Schichtstapels
35 wird das Si-Substrat 8 sowie die SiC-Zwischenschicht 9 entfernt, Fig. 3e. Danach wird auf eine Hauptfläche 4 des GaN-Halbleiterkörpers eine spiegelnde metallische

Kontaktfläche 6, bestehend aus einer Ag- oder Al-Legierung, aufgedampft, Fig. 3f.

Um Totalreflexion an der ersten Hauptfläche 3 zu mindern,
5 kann anschließend der Halbleiterkörper durch ein Sandstrahl verfahren oder durch Anätzen mit einer geeigneten Ätzmischung aufgeraut werden.

Die in Fig. 4 dargestellte Ausführungsform eines
10 erfindungsgemäßen Herstellungsverfahrens verläuft bis einschließlich des Abdünnens des SiC-Substrats 9 (Fig. 4a bis Fig. 4c) analog zu dem oben beschriebenen ersten Ausführungsbeispiel. Im Unterschied dazu wird vor dem
Abscheiden der GaN-Schichten 1 eine Oxidmaske 11 auf die SiC-
15 Schicht 9 aufgebracht, Fig. 4d. Diese Oxidmaske 11 bewirkt, daß im nächsten Schritt die GaN-Schichten 1 nur auf den von der Maske nicht bedeckten Teilbereichen der SiC-Zwischenschicht aufwachsen.

20 Da die so gebildeten GaN-Schichten 1 entlang der Schichtebene unterbrochen sind, werden Verspannungen, die auf den unterschiedlichen thermischen Ausdehnungskoeffizienten von SiC und GaN beruhen und vor allem bei Abkühlen des Bauelements nach der Herstellung entstehen, vermindert. Dies
25 führt vorteilhafterweise zu einer geringeren Rißbildung in den GaN-Schichten 1 und unterbindet eine Delamination der SiC-Zwischenschicht 9 vom Substrat. Die Herstellung des Reflektors 6, Fig. 4g, erfolgt wie oben beschrieben.

30 Bei dem in Figur 5 dargestellten Herstellungsverfahren wird ein Verbundsubstrat mit einem Substratkörper 21 aus Poly-SiC verwendet, auf den in bekannter Weise eine monokristalline SiC-Zwischenschicht 22 aufgebondet ist. Hierzu ist zwischen dem Substratkörper 21 und der Zwischenschicht 22 eine
35 Haftschicht 23, beispielsweise aus Siliziumoxid, ausgebildet, Figur 5a.

Auf dieses Verbundsubstrat wird epitaktisch eine Mehrzahl von GaN-basierenden Schichten 24 aufgewachsen, Figur 5b. Die Struktur der Schichtenfolge ist keinen prinzipiellen Beschränkungen unterworfen.

5

Vorzugsweise wird hierbei eine aktive, der Strahlungserzeugung dienende Schicht ausgebildet, die von einer oder mehreren Mantelschichten und/oder Wellenleiterschichten umgeben ist.

10 Die aktive Schicht kann dabei durch eine Mehrzahl von dünnen Einzelschichten in Form einer Einfach- oder Mehrfachquantentopfstruktur ausgebildet sein.

Weiterhin ist es vorteilhaft, auf der Zwischenschicht 22
15 zunächst eine Pufferschicht, beispielsweise auf AlGaN-Basis, auszubilden, durch die eine verbesserte Gitteranpassung und eine höhere Benetzbarkeit hinsichtlich der folgenden Schichten erreicht werden kann. Um die elektrische Leitfähigkeit einer solchen Pufferschicht zu erhöhen, können
20 in die Pufferschicht elektrisch leitfähige Kanäle, beispielsweise auf InGaN-Basis, eingeschlossen werden.

Anschließend werden die GaN-basierenden Schichten 24 durch eine laterale Strukturierung, vorzugsweise durch eine Mesa-
25 Ätzung, in einzelne Halbleiterschichtstapel 25 unterteilt, Figur 5c.

Auf diese Halbleiterschichtstapel 25 wird im nächsten Schritt, Figur 5d, ein Träger 26, beispielsweise aus GaAs
30 oder einem für die erzeugte Strahlung durchlässigen Material, aufgebracht.

Daraufhin wird das Verbundsubstrat einschließlich der Zwischenschicht 22 von den Halbleiterschichtstäpeln 25
35 abgelöst, Figur 5e. Dies kann beispielsweise durch ein Ätzverfahren erfolgen, bei dem die Zwischenschicht 22 oder die Haftschrift 23 zerstört wird. Mit Vorteil kann der

Substratkörper 21 in einem weiteren Herstellungszyklus wiederverwendet werden.

Nachfolgend werden auf die so gebildeten

5 Dünnschichthalbleiterkörper 25 Kontaktflächen 30 aufgebracht, Figur 5f. Abschließend werden die Halbleiterschichtstapel 25 vereinzelt, Figur 5g, und in üblicher Weise weiterverarbeitet.

10 Bei dem in Figur 6 dargestellten Herstellungsverfahren wird wiederum ein Verbundsubstrat verwendet, das im wesentlichen von einem Poly-SiC-Substratkörper 21 und einer Si(111)-Zwischenschicht 22 gebildet wird. Die Zwischenschicht 22 ist mit Hilfe eines Waferbonding-Verfahrens auf den
15 Substratkörper 21 unter Ausbildung einer Siliziumoxid-Haftschrift 23 aufgebracht, Figur 6a.

Auf dieses Verbundsubstrat wird wiederum eine Mehrzahl von GaN-basierenden Schichten aufgewachsen, Figur 6b, die
20 abschließend mit einer Kontaktschicht 28, beispielsweise aus Platin, versehen wird, Figur 6c.

Nachfolgend werden die GaN-basierenden Schichten 24 durch eine Ätzstrukturierung in einzelne Halbleiterschichtstapel 25
25 unterteilt, Figur 6d.

Auf diese so gebildeten Halbleiterschichtstapel 25 wird zum Schutz eine Passivierungsschicht 31, vorzugsweise auf Siliziumnitrid-Basis, aufgebracht, Figur 6e.

30

Auf den nicht von der Passivierungsschicht bedeckten Bereichen der Kontaktschicht 28 wird nun jeweils ein Bondlot 32 und darauf ein Reflektor 29 aus einer Silber- oder Aluminiumlegierung abgeschieden, Figur 6f.

35

Anschließend werden die Halbleiterschichtstapel 25 mit dem Reflektor 29 eutektisch auf einen Träger 26 umgebondet, Figur 6g.

- 5 Im nachfolgenden Schritt, Figur 6h, wird der Substratkörper 21 entfernt und kann so wiederverwendet werden.

Abschließend werden die einzelnen Halbleiterschichtstapel oberseitig mit Kontaktflächen 30 versehen, Figur 6i.

- 10 Nachfolgend können die Halbleiterschichtstapel vereinzelt und gegebenenfalls in ein Gehäuse eingebaut werden (nicht dargestellt).

- Das in Figur 7 dargestellt Ausführungsbeispiel eines
15 erfindungsgemäßen Herstellungsverfahrens stellt eine Variante der vorigen Ausführungsbeispiele dar.

Wiederum wird, wie bereits beschrieben, als Epitaxiesubstrat ein Verbundsubstrat verwendet, Figur 7a.

20

Vor der Abscheidung der GaN-basierenden Schichten 24 wird auf die Epitaxieoberfläche der Zwischenschicht 22 eine Maskenschicht 27 aufgebracht, Figur 7b. Die GaN-basierenden Schichten 24 wachsen so nur auf den Bereichen der

- 25 Epitaxieoberfläche auf, die von der Maskenschicht 27 nicht bedeckt sind (Epitaxiefenster), Figur 7c. Dadurch werden die GaN-basierenden Schichten 24 in Richtung der Schichtebene unterbrochen. So wird zusätzlich eine Zugverspannung in den epitaktisch abgeschiedenen Schichten in der Abkühlphase
30 vermieden.

Nachfolgend kann das Herstellungsverfahren wie in den anderen Ausführungsbeispielen fortgesetzt werden.

- 35 Die Erläuterung der Erfindung anhand der beschriebenen Ausführungsbeispiele ist selbstverständlich nicht als Beschränkung der Erfindung hierauf zu verstehen, sondern

18

umfaßt alle Ausführungsformen, die von dem erfinderischen Gedanken Gebrauch machen.

Patentansprüche

1. Strahlungsemittierendes Halbleiterbauelement, dessen Halbleiterkörper durch einen Stapel unterschiedlicher III-V-Nitrid-Halbleiterschichten (1) gebildet ist und der eine erste Hauptfläche (3) und eine zweite Hauptfläche (4) aufweist, wobei wenigstens ein Teil der erzeugten Strahlung (5) durch die erste Hauptfläche (3) ausgekoppelt wird, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, daß auf die zweite Hauptfläche (4) ein Reflektor (6) aufgebracht ist.
2. Strahlungsemittierendes Halbleiterbauelement nach Anspruch 1, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, daß die Halbleiterschichten (1) aus GaN, AlN, InN, AlGaN, InGaN, InAlN oder AlInGaN bestehen.
3. Strahlungsemittierendes Halbleiterbauelement nach Anspruch 1 oder 2, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, daß der Reflektor (6) durch eine spiegelnde, metallische Kontaktfläche gebildet ist.
4. Strahlungsemittierendes Halbleiterbauelement nach Anspruch 3, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, daß die Kontaktfläche aus Ag, Al oder einer Ag- oder Al-Legierung besteht.
5. Strahlungsemittierendes Halbleiterbauelement nach Anspruch 1 oder 2, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, daß der Reflektor (6) durch eine dielektrische Verspiegelung ausgebildet ist, bevorzugt daß die dielektrische Verspiegelung durch eine Mehrzahl von dielektrischen Schichten gebildet ist.

6. Strahlungsemittierendes Halbleiterbauelement nach Anspruch 1 oder 2,

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , daß der

- 5 Reflektor (6) eine auf die zweite Hauptfläche (4) aufgebrachte transparente erste Schicht und eine auf diese aufgebrachte spiegelnde zweite Schicht aufweist.

7. Strahlungsemittierendes Halbleiterbauelement nach einem
10 der Ansprüche 1 bis 7,

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, daß die gesamte freie Oberfläche des Halbleiterkörpers oder ein Teilbereich davon aufgeraut ist.

- 15 8. Verfahren zur Herstellung eines strahlungsemittierenden Halbleiterbauelements, dessen Halbleiterkörper durch einen Stapel unterschiedlicher III-V-Nitrid-Halbleiterschichten (1) gebildet ist und der eine erste Hauptfläche (3) und eine zweite Hauptfläche (4) aufweist, wobei wenigstens ein Teil
20 der erzeugten Strahlung (5) durch die erste Hauptfläche (3) ausgekoppelt wird und die zweite Hauptfläche (4) einen Reflektor (6) aufweist,
g e k e n n z e i c h n e t d u r c h die Schritte

- 25 - Aufbringen einer Zwischenschicht (9) auf ein Substrat (8)
- Aufbringen einer Mehrzahl unterschiedlicher III-V-Nitrid-Halbleiterschichten (1) auf die Zwischenschicht (9)
- Ablösen des Substrats (8) einschließlich der Zwischenschicht (9)
30 - Aufbringen des Reflektors (6) auf die zweite Hauptfläche (4) des Halbleiterkörpers.

9. Verfahren nach Anspruch 8,

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, daß

- 35 als Substrat (8) ein Si-Substrat verwendet wird.

10. Verfahren nach Anspruch 8 oder 9,

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, daß
eine SiC-Zwischenschicht aufgebracht wird.

11. Verfahren nach Anspruch 8 bis 10,

5 d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, daß
die Zwischenschicht (9) durch ein Waferbonding-Verfahren
aufgebracht wird.

12. Verfahren nach Anspruch 8 bis 10,

10 d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, daß
die Zwischenschicht (9) epitaktisch aufgebracht wird.

13. Verfahren nach Anspruch 8 bis 12,

15 d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, daß
der Reflektor (6) durch Aufbringen einer Metallschicht
gebildet wird, die zugleich der Kontaktierung des
Halbleiterkörpers dient.

14. Verfahren nach einem der Ansprüche 8 bis 13,

20 d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, daß
vor Herstellung der GaN-Schichten (1) auf die Zwischenschicht
(9) eine Maske (11) aufgebracht wird.

15. Verfahren nach einem der Ansprüche 8 bis 14,

25 d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, daß
der Halbleiterkörper aufgeraut wird.

16. Verfahren nach Anspruch 15,

30 d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, daß
der Halbleiterkörper durch Ätzen aufgeraut wird.

17. Verfahren nach Anspruch 15,

35 d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, daß
der Halbleiterkörper durch ein Sandstrahlverfahren aufgeraut
wird.

18. Verfahren zur Herstellung eines strahlungsemittierenden Halbleiterbauelements, dessen Halbleiterkörper durch einen Stapel unterschiedlicher III-V-Nitrid-Halbleiterschichten (1) gebildet ist und der eine erste Hauptfläche und eine zweite Hauptfläche aufweist, wobei wenigstens ein Teil der erzeugten Strahlung durch die erste Hauptfläche ausgekoppelt wird und die zweite Hauptfläche einen Reflektor aufweist, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, daß die III-V-Nitrid-Schichten auf ein Verbundsubstrat aufgebracht werden, das einen Substratkörper und eine Zwischenschicht aufweist, wobei der thermische Ausdehnungskoeffizient des Substratkörpers ähnlich oder vorzugsweise größer ist als der thermische Ausdehnungskoeffizient der III-V-Nitrid-Schichten und die III-V-Nitrid-Schichten auf der Zwischenschicht abgeschieden werden.

19. Verfahren nach Anspruch 18, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, daß die Dicke der Zwischenschicht so gering ist, daß der thermische Ausdehnungskoeffizient des Verbundsubstrats im wesentlichen durch den Substratkörper bestimmt ist.

20. Verfahren nach Anspruch 18 oder 19, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, daß der Substratkörper SiC, Poly-SiC, Saphir, GaN oder AlN enthält.

21. Verfahren nach einem der Ansprüche 18 bis 20, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, daß die Zwischenschicht SiC, Silizium, Saphir, MgO, GaN oder AlGaN enthält.

22. Verfahren nach einem der Ansprüche 18 bis 21, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, daß die Zwischenschicht zumindest in Teilbereichen eine monokristalline Oberfläche aufweist.

23. Verfahren nach einem der Ansprüche 18 bis 22,
dadurch gekennzeichnet, daß
die III-V-Nitrid-Schichten auf einer Si(111)-Oberfläche oder
5 einer zumindest in Teilbereichen monokristallinen SiC-
Oberfläche der Zwischenschicht abgeschieden werden.
24. Verfahren nach einem der Ansprüche 18 bis 23,
dadurch gekennzeichnet, daß
10 die Zwischenschicht durch ein Waferbonding-Verfahren auf den
Substratkörper aufgebracht ist.
25. Verfahren nach einem der Ansprüche 18 bis 24,
dadurch gekennzeichnet, daß
15 zwischen Substratkörper und Zwischenschicht eine Haftschrift
ausgebildet ist.
26. Verfahren nach Anspruch 25,
dadurch gekennzeichnet, daß
20 die Haftschrift Siliziumoxid enthält.
27. Verfahren nach einem der Ansprüche 18 bis 26,
dadurch gekennzeichnet, daß
25 vor dem Aufbringen der III-V-Nitrid-Schichten auf dem
Verbundsubstrat eine Maskenschicht mit Epitaxiefenstern
ausgebildet wird, wobei die Epitaxieoberfläche des
Verbundsubstrats innerhalb der Epitaxiefenster unbedeckt
bleibt.
- 30 28. Verfahren nach einem der Ansprüche 18 bis 27,
dadurch gekennzeichnet, daß
die III-V-Nitrid-Schichten nach der Aufbringung auf das
Verbundsubstrat in einzelne Halbleiterschichtstapel
strukturiert werden.
- 35 29. Verfahren nach Anspruch 28,
dadurch gekennzeichnet, daß

das Verfahren fortgesetzt wird mit den Schritten:

- Aufbringen eines Trägers auf die Halbleiterschichtstapel,
- Ablösen des Verbundsubstrats.

5 30. Verfahren nach Anspruch 28,

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, daß
das Verfahren fortgesetzt wird mit den Schritten:

- Aufbringen eines Zwischenträgers auf die Halbleiterschichtstapel,
- 10 - Ablösen des Verbundsubstrats,
- Aufbringen eines Trägers auf der Seite der Halbleiterschichtstapel, von der das Verbundsubstrat abgelöst wurde,
- Ablösen des Zwischenträgers.

15

31. Verfahren nach einem der Ansprüche 28 bis 30

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, daß
auf den Halbleiterschichtstapeln eine Reflektorschicht
ausgebildet wird.

20

32. Verfahren nach Anspruch 31,

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, daß
die Reflektorschicht durch Aufbringen einer Metallschicht
gebildet wird.

25

33. Verfahren nach Anspruch 32,

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, daß
die Metallschicht Silber, Aluminium oder eine Silber- oder
Aluminiumlegierung enthält.

30

34. Verfahren nach einem der Ansprüche 31 bis 33,

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, daß
die Reflektorschicht zugleich als Kontaktfläche dient.

35 35. Verfahren nach Anspruch 31,

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, daß

25

die Reflektorschicht durch eine dielektrische Verspiegelung gebildet wird.

36. Verfahren nach Anspruch 31,

5 d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, daß
die Reflektorschicht durch Aufbringen einer transparenten
ersten Schicht auf den Halbleiterschichtstapeln und
Aufbringen einer spiegelnden zweiten Schicht auf der ersten
Schicht gebildet wird.

10

37. Verfahren nach einem der Ansprüche 28 bis 36,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, daß
die Oberfläche der Halbleiterschichtstapel zumindest
bereichsweise aufgeraut wird.

15

38. Verfahren nach Anspruch 37,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, daß
die Oberfläche der Halbleiterschichtstapel durch Ätzen
aufgeraut wird.

20

39. Verfahren nach Anspruch 37,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, daß
die Oberfläche der Halbleiterschichtstapel durch ein
Sandstrahlverfahren aufgeraut wird.

25

1/9

FIG 1

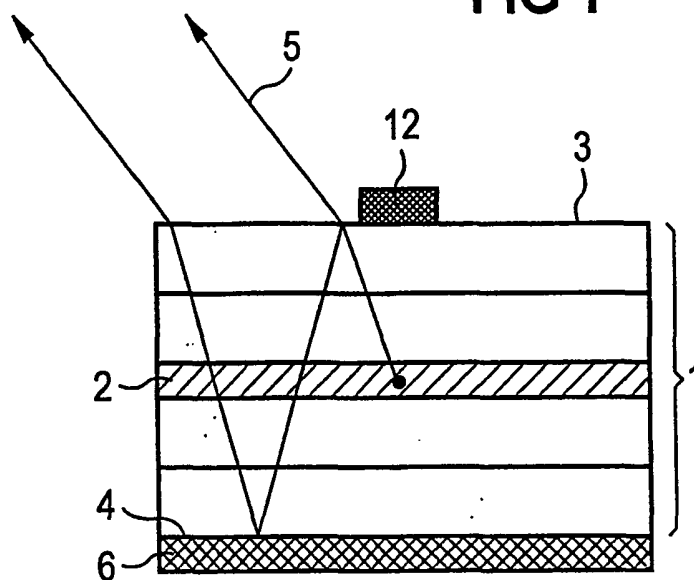


FIG 2

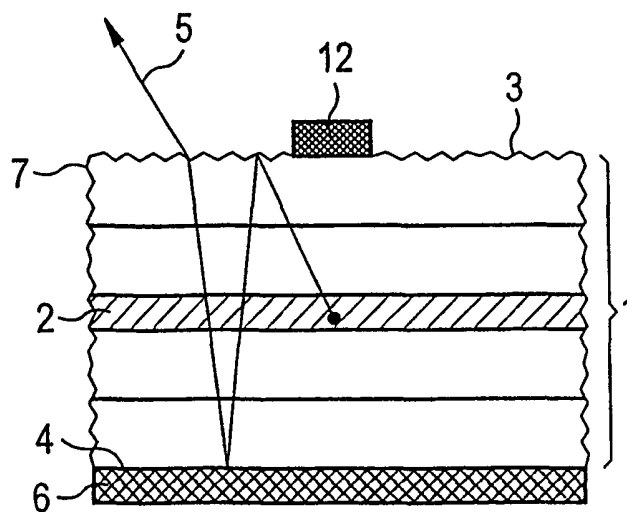


FIG 3A



FIG 3B

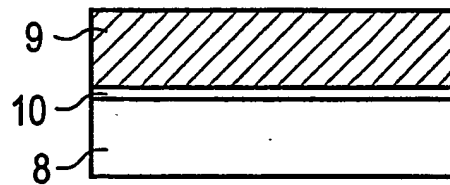


FIG 3C

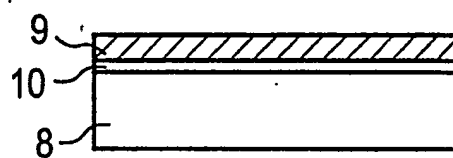


FIG 3D

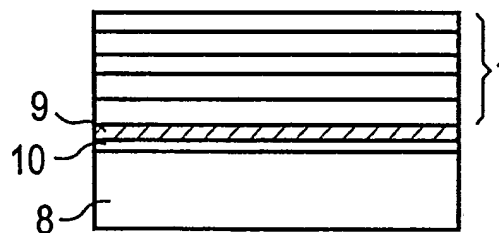


FIG 3E

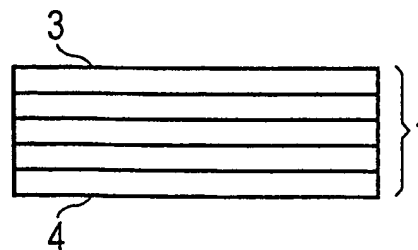
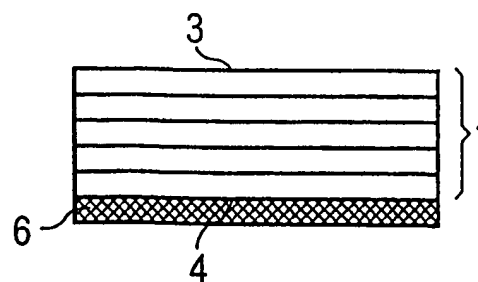


FIG 3F



3/9

FIG 4A

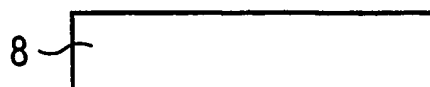


FIG 4B

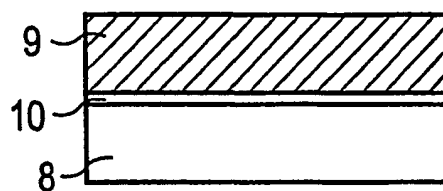


FIG 4C

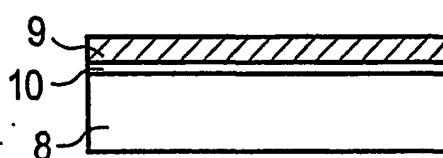


FIG 4D

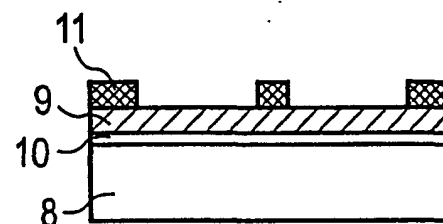


FIG 4E

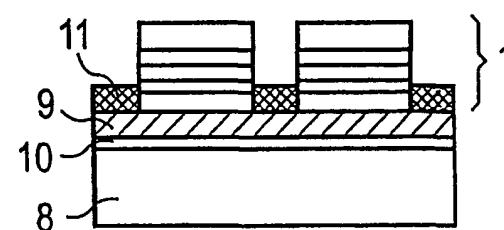


FIG 4F

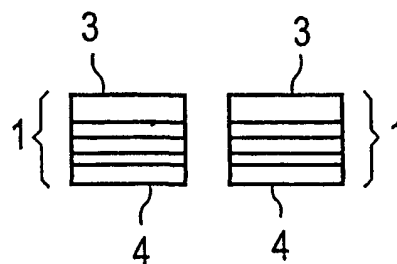
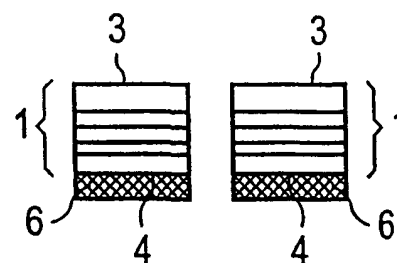
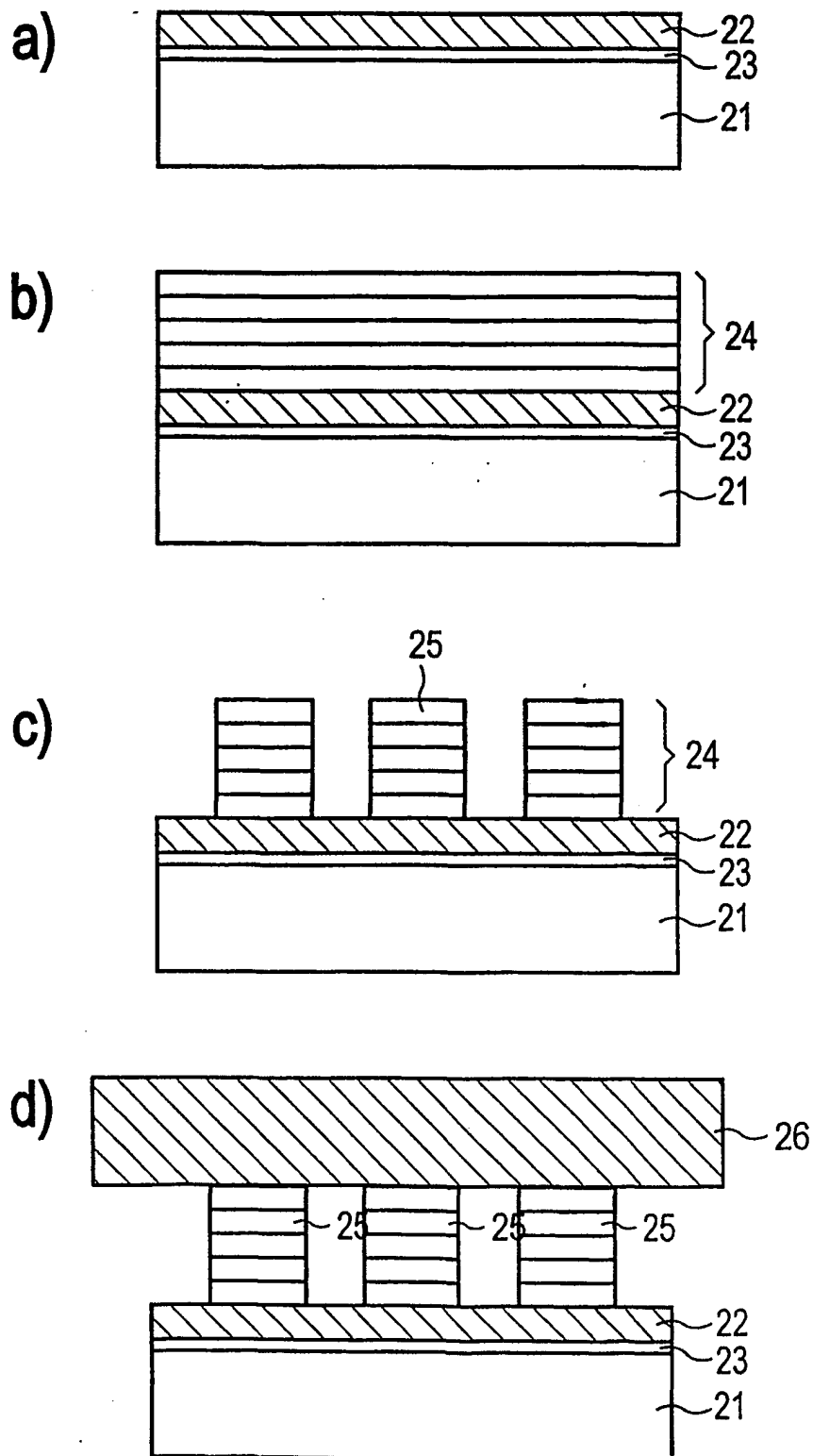


FIG 4G



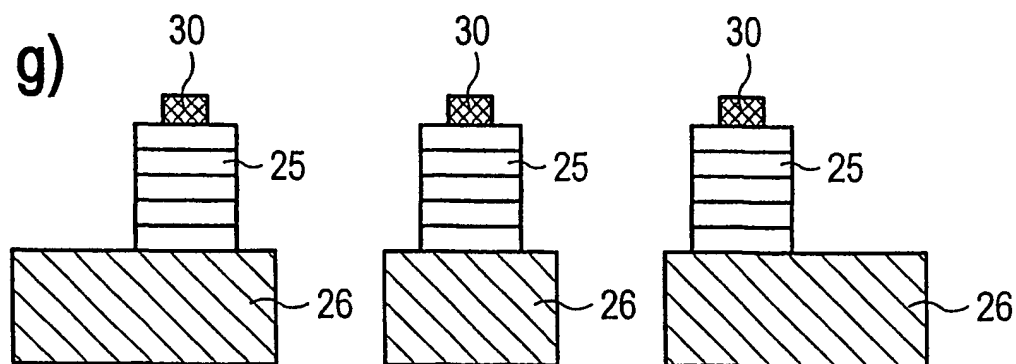
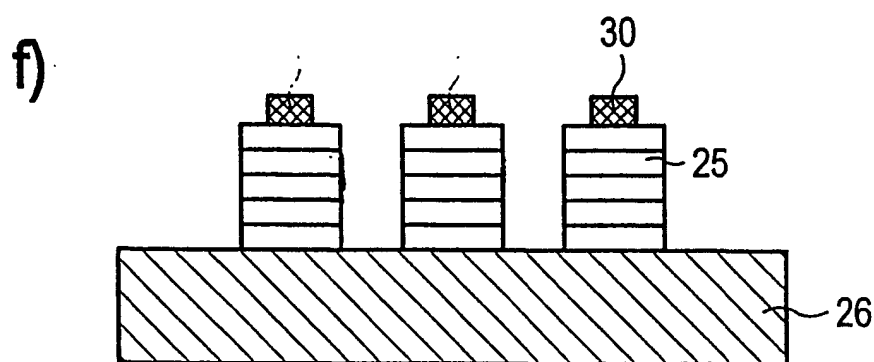
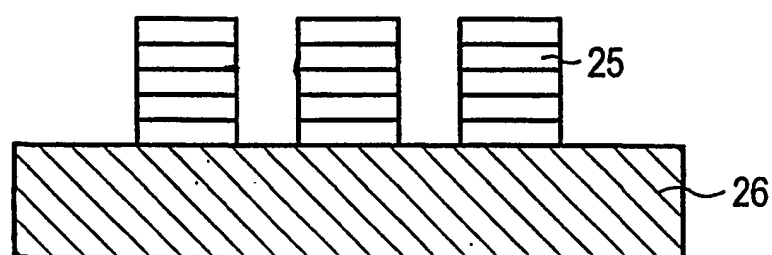
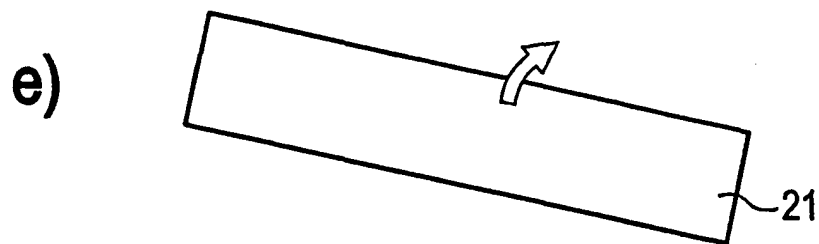
4/9

FIG 5



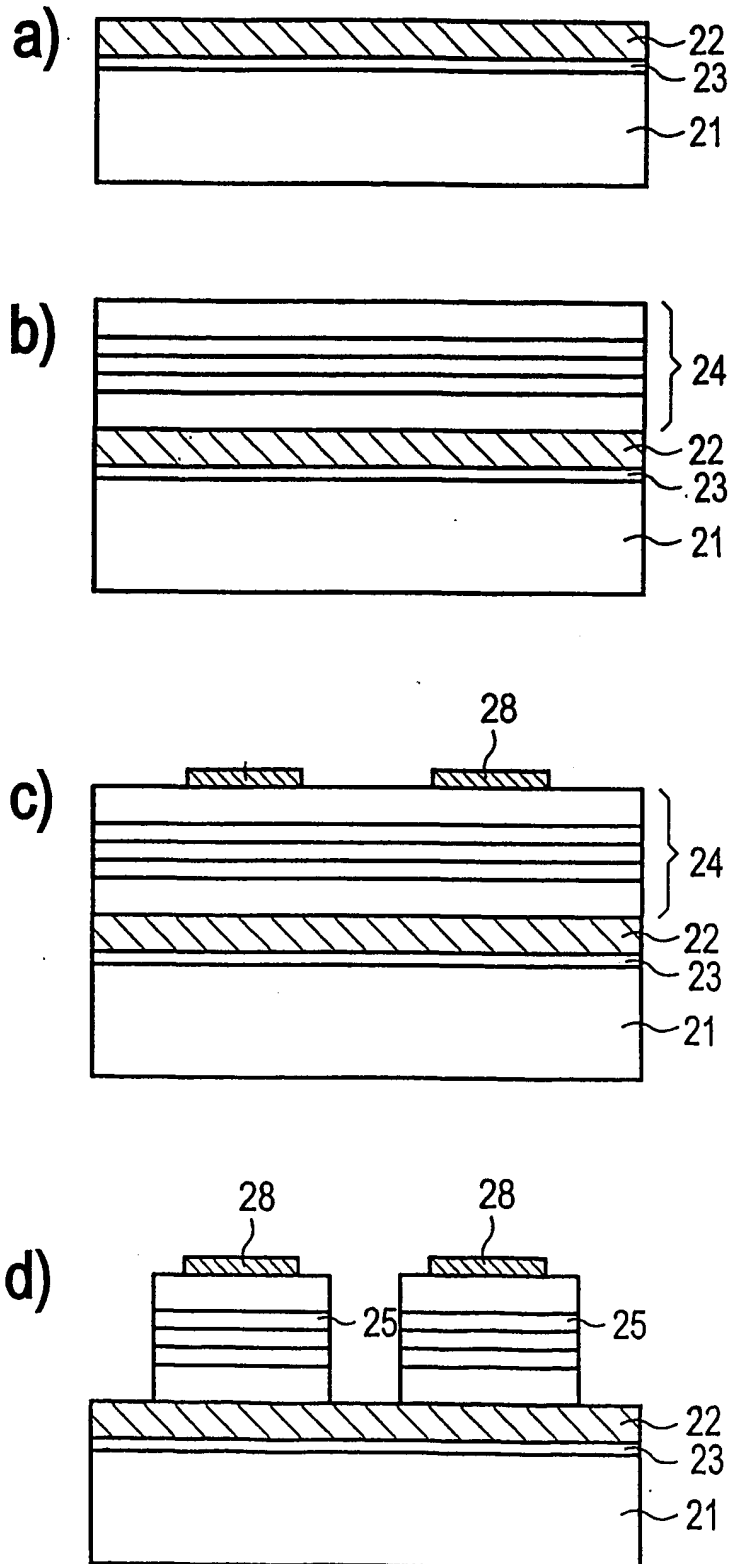
5/9

FIG 5



6/9

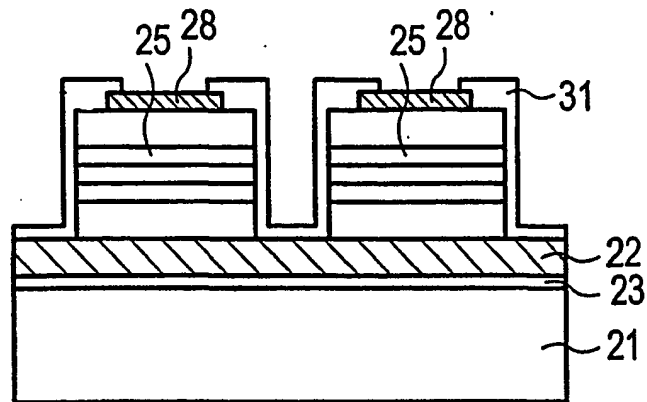
FIG 6



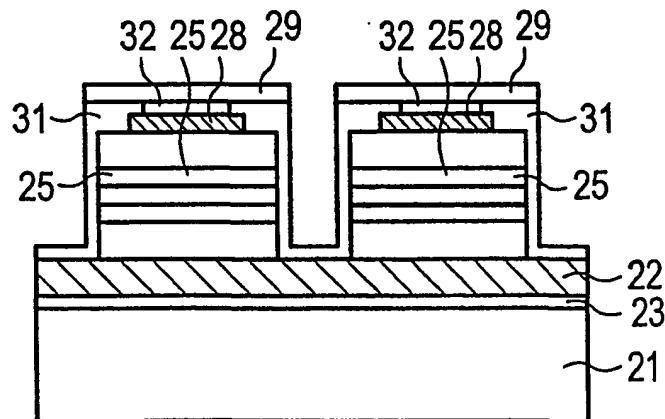
7/9

FIG 6

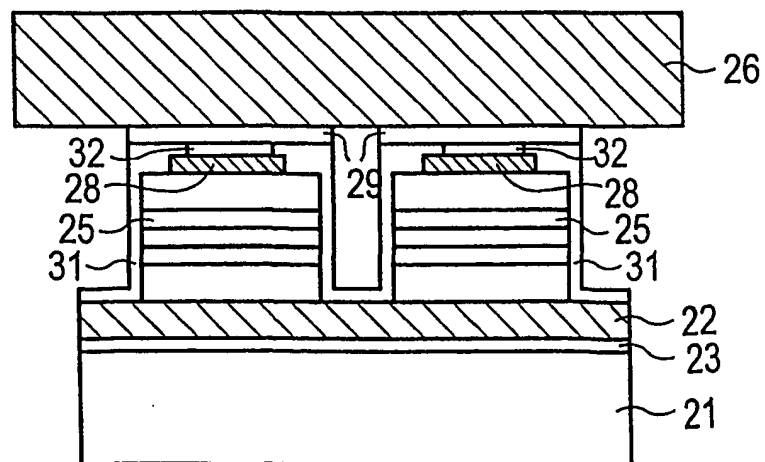
e)



f)



g)



8/9

FIG 6

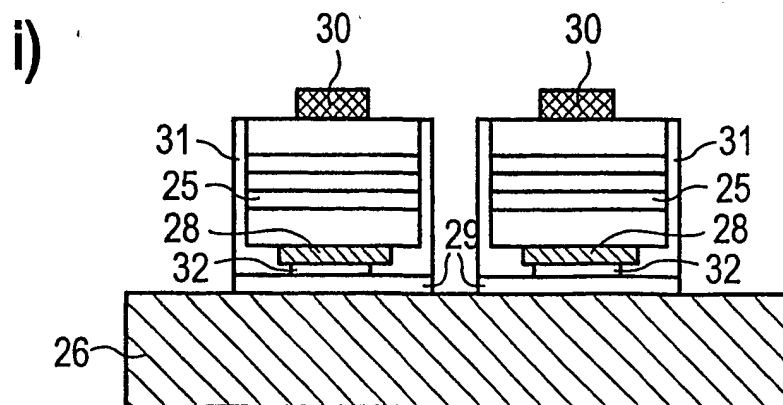
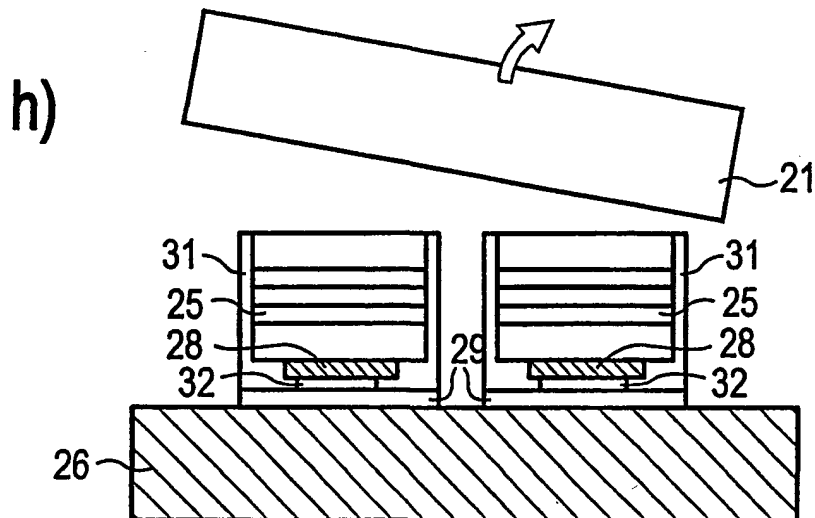
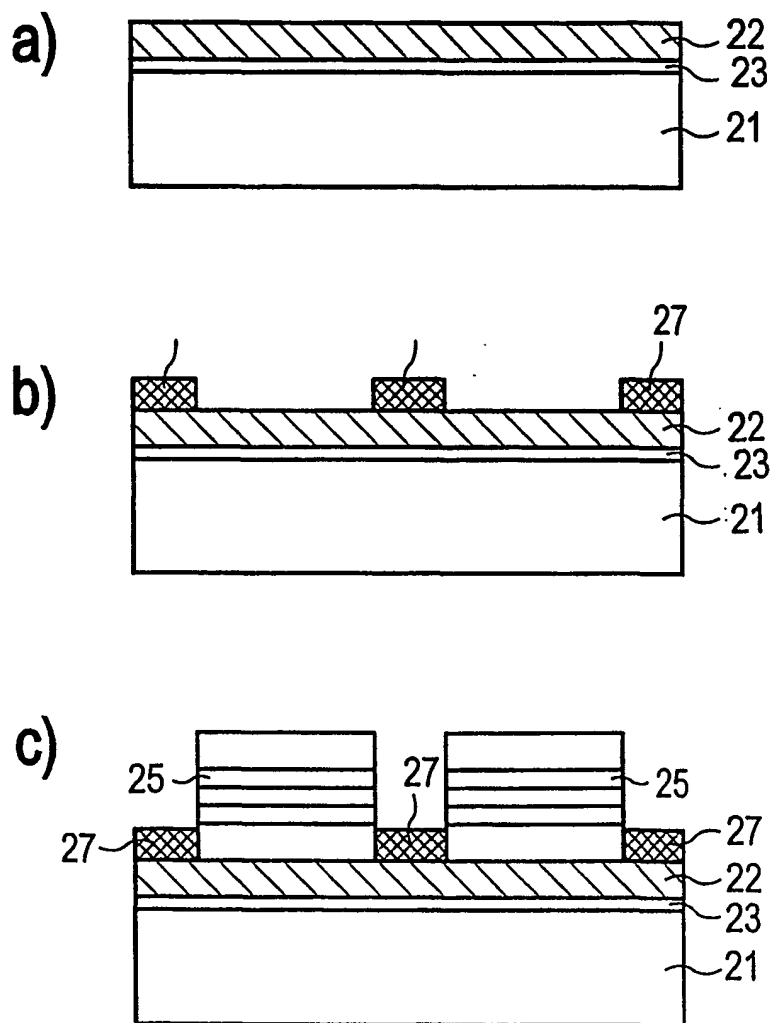


FIG 7



A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
IPC 7 H01L33/00 H01L27/15

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 7 H01L

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal, WPI Data, PAJ

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	EP 0 905 797 A (SIEMENS AG) 31 March 1999 (1999-03-31)	1-3, 8, 9, 12, 13, 18, 19, 22
Y	the whole document	7, 9, 10, 14-17, 23, 27, 28
Y	EP 0 404 565 A (MITSUBISHI KASEI CO) 27 December 1990 (1990-12-27)	7, 15-17
A	page 3, line 16-25	37-39
Y	US 5 786 606 A (ITAYA K ET AL) 28 July 1998 (1998-07-28)	9, 10, 23
	the whole document	
Y	DE 197 41 442 A (SIEMENS AG) 1 April 1999 (1999-04-01)	14, 27
	the whole document	
	--- -/-	

☒ Further documents are listed in the continuation of box C.

☒ Patent family members are listed in annex.

* Special categories of cited documents :

A document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

E earlier document but published on or after the international filing date

L document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

O document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

P document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

T later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

X document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

Y document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.

Z document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

18 July 2001

Date of mailing of the international search report

25/07/2001

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

van der Linden, J.E.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Inte lional Application No

PCT/DE 01/01002

C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	US 5 661 074 A (TISCHLER M) 26 August 1997 (1997-08-26) the whole document	28
X	DE 198 30 838 A (ROHM CO) 14 January 1999 (1999-01-14)	1-4, 8, 12, 13, 18-22
A	column 6, line 62 -column 7	5
X	EP 0 896 405 A (CANON KK) 10 February 1999 (1999-02-10)	1, 2, 5, 18, 19, 22
A	example 1	8
X	EP 0 810 674 A (SUMITOMO ELECTRIC IND) 3 December 1997 (1997-12-03)	1-3, 8, 12, 13, 18, 19, 21, 22
	examples 2, 3	
X	US 5 862 167 A (AKASAKI I ET AL) 19 January 1999 (1999-01-19)	1-4, 18-20, 22
A	examples 3, 5	8, 21
X	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 1999, no. 08, 30 June 1999 (1999-06-30) & JP 11 068157 A (SUMITOMO ELECTRIC IND), 9 March 1999 (1999-03-09)	1-3, 8, 12, 13, 18, 19, 21, 22
A	abstract	6
X	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 1996, no. 09, 30 September 1996 (1996-09-30) & JP 08 116090 A (ROHM CO LTD), 7 May 1996 (1996-05-07)	1-3, 8, 12, 13
A	abstract	18
A	EP 0 871 228 A (MATSUSHITA ELECTRONICS CO) 14 October 1998 (1998-10-14) the whole document	1-3, 8, 18-20, 28
A	EP 0 740 376 A (MITSUBISHI ELECTRIC CO) 30 October 1996 (1996-10-30) the whole document	1-6, 8, 18-21
A	US 5 157 468 A (MATSUMOTO K) 20 October 1992 (1992-10-20) the whole document	5, 35
A	US 5 780 873 A (HATAKOSHI G ET AL) 14 July 1998 (1998-07-14) example 4	29, 30

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)		Publication date
EP 0905797	A	31-03-1999	US	6111272 A	29-08-2000
EP 0404565	A	27-12-1990	JP	2953468 B	27-09-1999
			JP	3024771 A	01-02-1991
			DE	69008931 D	23-06-1994
			DE	69008931 T	08-12-1994
			KR	179952 B	20-03-1999
			US	5040044 A	13-08-1991
US 5786606	A	28-07-1998	JP	9223819 A	26-08-1997
DE 19741442	A	01-04-1999	CN	1218997 A	09-06-1999
			EP	0903792 A	24-03-1999
			JP	11154648 A	08-06-1999
			US	6100104 A	08-08-2000
US 5661074	A	26-08-1997	US	5585648 A	17-12-1996
			WO	9624167 A	08-08-1996
DE 19830838	A	14-01-1999	JP	11031842 A	02-02-1999
			US	6060730 A	09-05-2000
EP 0896405	A	10-02-1999	JP	11154774 A	08-06-1999
EP 0810674	A	03-12-1997	JP	10114600 A	06-05-1998
			CN	1171621 A	28-01-1998
			TW	389939 B	11-05-2000
			US	5962875 A	05-10-1999
			US	5834325 A	10-11-1998
US 5862167	A	19-01-1999	JP	8032116 A	02-02-1996
JP 11068157	A	09-03-1999	NONE		
JP 08116090	A	07-05-1996	US	6087681 A	11-07-2000
			US	5838029 A	17-11-1998
EP 0871228	A	14-10-1998	JP	10341036 A	22-12-1998
			US	6069394 A	30-05-2000
EP 0740376	A	30-10-1996	JP	8307001 A	22-11-1996
			CN	1136720 A	27-11-1996
			DE	69601477 D	18-03-1999
			US	5701321 A	23-12-1997
US 5157468	A	20-10-1992	JP	4132274 A	06-05-1992
US 5780873	A	14-07-1998	JP	9129984 A	16-05-1997

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES

IPK 7 H01L33/00 H01L27/15

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)

IPK 7 H01L

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal, WPI Data, PAJ

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	EP 0 905 797 A (SIEMENS AG) 31. März 1999 (1999-03-31)	1-3,8,9, 12,13, 18,19,22
Y	das ganze Dokument	7,9,10, 14-17, 23,27,28
Y	EP 0 404 565 A (MITSUBISHI KASEI CO) 27. Dezember 1990 (1990-12-27)	7,15-17
A	Seite 3, Zeile 16-25	37-39
Y	US 5 786 606 A (ITAYA K ET AL) 28. Juli 1998 (1998-07-28)	9,10,23
Y	das ganze Dokument	
Y	DE 197 41 442 A (SIEMENS AG) 1. April 1999 (1999-04-01)	14,27
	das ganze Dokument	
	--- -/-	

☒ Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen☒ Siehe Anhang Patentfamilie

* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

A Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

E älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

L Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

O Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

P Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

T Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

X Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

Y Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

Z Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

18. Juli 2001

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

25/07/2001

Name und Postanschrift der internationalen Recherchenbehörde
 Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2
 NL - 2280 HV Rijswijk
 Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
 Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

van der Linden, J.E.

C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie°	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
Y	US 5 661 074 A (TISCHLER M) 26. August 1997 (1997-08-26) das ganze Dokument ---	28
X	DE 198 30 838 A (ROHM CO) 14. Januar 1999 (1999-01-14) ---	1-4,8, 12,13, 18-22
A	Spalte 6, Zeile 62 -Spalte 7 ---	5
X	EP 0 896 405 A (CANON KK) 10. Februar 1999 (1999-02-10) ---	1,2,5, 18,19,22
A	Beispiel 1 ---	8
X	EP 0 810 674 A (SUMITOMO ELECTRIC IND) 3. Dezember 1997 (1997-12-03) ---	1-3,8, 12,13, 18,19, 21,22
	Beispiele 2,3 ---	
X	US 5 862 167 A (AKASAKI I ET AL) 19. Januar 1999 (1999-01-19) ---	1-4, 18-20,22
A	Beispiele 3,5 ---	8,21
X	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 1999, no. 08, 30. Juni 1999 (1999-06-30) & JP 11 068157 A (SUMITOMO ELECTRIC IND), 9. März 1999 (1999-03-09) ---	1-3,8, 12,13, 18,19, 21,22
A	Zusammenfassung ---	6
X	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 1996, no. 09, 30. September 1996 (1996-09-30) & JP 08 116090 A (ROHM CO LTD), 7. Mai 1996 (1996-05-07) ---	1-3,8, 12,13
A	Zusammenfassung ---	18
A	EP 0 871 228 A (MATSUSHITA ELECTRONICS CO) 14. Oktober 1998 (1998-10-14) das ganze Dokument ---	1-3,8, 18-20,28
A	EP 0 740 376 A (MITSUBISHI ELECTRIC CO) 30. Oktober 1996 (1996-10-30) das ganze Dokument ---	1-6,8, 18-21
A	US 5 157 468 A (MATSUMOTO K) 20. Oktober 1992 (1992-10-20) das ganze Dokument ---	5,35
A	US 5 780 873 A (HATAKOSHI G ET AL) 14. Juli 1998 (1998-07-14) Beispiel 4 -----	29,30

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie		Datum der Veröffentlichung
EP 0905797	A	31-03-1999	US	6111272 A	29-08-2000
EP 0404565	A	27-12-1990	JP	2953468 B	27-09-1999
			JP	3024771 A	01-02-1991
			DE	69008931 D	23-06-1994
			DE	69008931 T	08-12-1994
			KR	179952 B	20-03-1999
			US	5040044 A	13-08-1991
US 5786606	A	28-07-1998	JP	9223819 A	26-08-1997
DE 19741442	A	01-04-1999	CN	1218997 A	09-06-1999
			EP	0903792 A	24-03-1999
			JP	11154648 A	08-06-1999
			US	6100104 A	08-08-2000
US 5661074	A	26-08-1997	US	5585648 A	17-12-1996
			WO	9624167 A	08-08-1996
DE 19830838	A	14-01-1999	JP	11031842 A	02-02-1999
			US	6060730 A	09-05-2000
EP 0896405	A	10-02-1999	JP	11154774 A	08-06-1999
EP 0810674	A	03-12-1997	JP	10114600 A	06-05-1998
			CN	1171621 A	28-01-1998
			TW	389939 B	11-05-2000
			US	5962875 A	05-10-1999
			US	5834325 A	10-11-1998
US 5862167	A	19-01-1999	JP	8032116 A	02-02-1996
JP 11068157	A	09-03-1999	KEINE		
JP 08116090	A	07-05-1996	US	6087681 A	11-07-2000
			US	5838029 A	17-11-1998
EP 0871228	A	14-10-1998	JP	10341036 A	22-12-1998
			US	6069394 A	30-05-2000
EP 0740376	A	30-10-1996	JP	8307001 A	22-11-1996
			CN	1136720 A	27-11-1996
			DE	69601477 D	18-03-1999
			US	5701321 A	23-12-1997
US 5157468	A	20-10-1992	JP	4132274 A	06-05-1992
US 5780873	A	14-07-1998	JP	9129984 A	16-05-1997